

POWERED BY **Dialog**

PICTURE DISPLAY DEVICE**Publication Number:** 2001-194619 (JP 2001194619 A) , July 19, 2001**Inventors:**

- KENNO KOKICHI
- TAKEYAMA TETSUEI

Applicants

- OLYMPUS OPTICAL CO LTD

Application Number: 2000-058386 (JP 200058386) , March 03, 2000**Priority:**

- 11-312212 [JP 99312212], JP (Japan), November 02, 1999

International Class:

- G02B-027/02
- G02B-017/08

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a bright picture display device using an decentering prism without a half-transmittable surface for both-eye observation consisting of a single image display element and a pair of eyepiece optical system for both eyes. **SOLUTION:** The picture display device is equipped with a single image display element 7 which can switch and display an image projected on the observer's right and left eyes ER and EL, and a pair of eyepiece optical systems 10R and 10L which guide the right and left image displayed by the image display element 7 to the right and left eye. Each of the eyepiece optical systems 10L and 10R is provided with an eccentric prism consisting of a first surface-a third surface, the second surface is formed into a rotationally asymmetric curved surface shape having one symmetry plane of positive power for correcting the decentration aberration. When defining L as a distance between an on-axis main ray which enters into the first surface of the decentering prism, and an intersection point made by the screen of the image display element 7 and the on-axis main ray, a condition of $26(L/37)$ [mm] is satisfied.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

JAPIO

© 2004 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

Dialog® File Number 347 Accession Number 6967050

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-194619

(P2001-194619A)

(43)公開日 平成13年7月19日(2001.7.19)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 2 B 27/02
17/08

識別記号

F I

G 0 2 B 27/02
17/08

テ-マ-ト*(参考)

Z 2 H 0 8 7
A 9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願2000-58386(P2000-58386)

(22)出願日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(31)優先権主張番号 特願平11-312212

(32)優先日 平成11年11月2日(1999.11.2)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 研野 孝吉

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 武山 哲英

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(74)代理人 100097777

弁理士 韭澤 弘 (外7名)

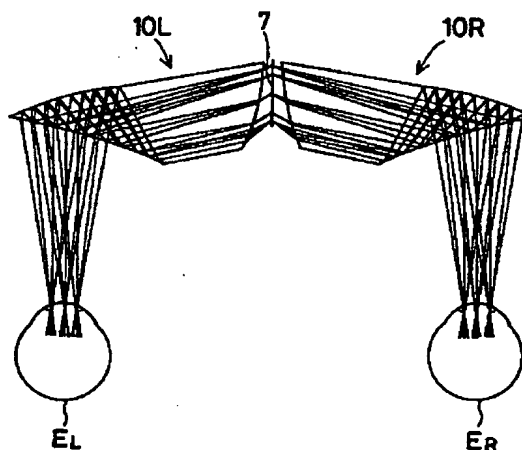
Fターム(参考) 2H087 KADO LA11 TA01 TA04 TA06
9A001 KK16

(54)【発明の名称】 画像表示装置

(57)【要約】

【課題】 単一の画像表示素子と一对の両眼用の接眼光学系とからなる両眼観察用であって、半透過面を有さない偏心プリズムを用いた明るい画像表示装置。

【解決手段】 観察者の左右の眼 E_L 、 E_R に投影する画像を切り換えて表示可能な単一の画像表示素子7と、画像表示素子7により表示された左右の画像を左右の眼に導く一对の接眼光学系10 $_L$ 、10 $_R$ とを備えた画像表示装置であり、接眼光学系10 $_L$ 、10 $_R$ の各々が、第1面~第3面からなり、第2面が偏心収差を補正する正パワーの対称面を1面のみに有する回転非対称な曲面形状に形成されてなる偏心プリズムを備えており、偏心プリズムの第1面に入射する軸上主光線と画像表示素子7の表示面と軸上主光線の交点との間の距離Lとすると、 $2.6 < L < 3.7$ [mm]の条件を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 観察者の左右の眼に投影する画像を切り換えて表示可能な単一の画像表示素子と、前記画像表示素子により表示された左右の画像を左右の眼に導く一対の接眼光学系とを備えた画像表示装置において、前記接眼光学系の各々が、逆光線追跡で、射出瞳から入射する光線をプリズム内に入射させると共に、第2面で反射された光を反射する第1面と、第1面から入射した光をプリズム内で反射する第2面と、第1面で反射した光を

$$26 < L < 37 \text{ [mm]}$$

の条件を満足することを特徴とする画像表示装置。

【請求項2】 観察者の瞳位置を原点とし、観察者視軸を原点から前記接眼光学系に向かう方向を正とするZ軸、観察者視軸に直交し、観察者眼球から見て左右方向の右から左を正とするY軸、上下方向の上から下を正と

$$0.5 < |P_{x2}/P_x| < 2.5$$

$$0.5 < |P_{y2}/P_y| < 2.5$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項3】 前記接眼光学系の各々が、前記偏心プリズムのみから構成され、逆光線追跡で、前記第3面へ軸上光線が入射する入射角を θ とすると、

$$20 < \theta < 36 [^\circ]$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1又は2記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像表示装置に関し、特に、単一の画像表示素子と一対の両眼用の接眼光学系とからなる画像表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、ヘッドアップディスプレイやメガネ型ディスプレイの発展に伴ってコンパクトな接眼光学系の開発が進み、種々の形式の画像表示装置提案されている。このような中、本出願人は、特開平7-318851号において、単一の画像表示素子と一対の両眼用の接眼光学系とからなる両眼観察用の画像表示装置を提案している。

【0003】一方、本出願人等のより薄型コンパクトな偏心プリズムを用いた接眼光学系が提案されている。これらは反射面がパワーを持ち、光路が折り畳まれたコンパクトな接眼光学系であり、パワーを持った偏心反射面により発生してしまう回転非対称な偏心収差を、アナモルフィック反射面や1つの対称面を持った回転非対称反射面を使用して補正している。

【0004】また、観察画像を表示する液晶表示素子に関しても、より明るく観察しやすい画像形成のために、照明手段と透過型液晶表示素子と反射手段を組み合わせることで反射型液晶表示素子を構成するものも、特開平10-268306号において提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記特開平7-318

リズム外へ射出させる第3面とを有し、少なくとも第2面が、光軸に対して偏心して配置され、その偏心によって発生する偏心収差を補正すると共に、光束に対して正のパワーを与える、対称面を1面のみ有する回転非対称な曲面形状に形成されてなる偏心プリズムを備えており、

Lを前記偏心プリズムの前記第1面に入射する軸上主光線と前記画像表示素子の表示面と軸上主光線の交点との間の距離とすると、

$$\dots (1)$$

するX軸と定義し、前記接眼光学系のX方向のパワーを P_x 、Y方向のパワーを P_y 、前記偏心プリズムの前記第2面の軸上主光線位置におけるX方向のパワーを P_{x2} 、Y方向のパワーを P_{y2} とすると、

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

ズムのみから構成され、逆光線追跡で、前記第3面へ軸上光線が入射する入射角を θ とすると、

$$\dots (4)$$

851号のものは、単一の画像表示素子と一対の両眼用の接眼光学系とからなる両眼観察用の画像表示装置であり、接眼光学系として偏心反射屈折光学系を用いて構成しているが、半透過面を2面用いているため、明るい両眼観察用の画像表示装置を構成することは困難であった。

【0006】本発明はこのような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、単一の画像表示素子と一対の両眼用の接眼光学系とからなる両眼観察用の画像表示装置において、半透過面を有さない偏心プリズムを接眼光学系として用いることにより明るい画像表示装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の画像表示装置は、観察者の左右の眼に投影する画像を切り換えて表示可能な単一の画像表示素子と、前記画像表示素子により表示された左右の画像を左右の眼に導く一対の接眼光学系とを備えた画像表示装置において、前記接眼光学系の各々が、逆光線追跡で、射出瞳から入射する光線をプリズム内に入射させると共に、第2面で反射された光を反射する第1面と、第1面から入射した光をプリズム内で反射する第2面と、第1面で反射した光をプリズム外へ射出させる第3面とを有し、少なくとも第2面が、光軸に対して偏心して配置され、その偏心によって発生する偏心収差を補正すると共に、光束に対して正のパワーを与える、対称面を1面のみ有する回転非対称な曲面形状に形成されてなる偏心プリズムを備えており、Lを前記偏心プリズムの前記第1面に入射する軸上主光線と前記画像表示素子の表示面と軸上主光線の

交点との間の距離とするとき、

$$26 < L < 37 \text{ (mm)}$$

の条件を満足することを特徴とするものである。

【0008】以下、本発明において上記の構成をとる理由と作用について説明する。

【0009】本発明の画像表示装置は、観察者の左右の眼に投影する画像を切り換えて表示可能な単一の画像表示素子と、画像表示素子により表示された左右の画像を左右の眼に導く一対の接眼光学系とを備えた画像表示装置において、接眼光学系の各々として、内部反射面を2面有し、その中の1面のみが独立の反射面であり、残り1面の反射面を逆光線追跡の入射屈折面と兼ねて構成した偏心プリズムで構成するものである。

【0010】具体的には、接眼光学系の各々として、逆光線追跡で、射出瞳から入射する光線をプリズム内に入射させると共に、第2面で反射された光を反射する第1面と、第1面から入射した光をプリズム内で反射する第2面と、第1面で反射した光をプリズム外へ射出させる第3面とを有し、少なくとも第2面が、光軸に対して偏心して配置され、その偏心によって発生する偏心収差を補正すると共に、光束に対して正のパワーを与える、対称面を1面のみ有する回転非対称な曲面形状に形成されてなる偏心プリズムを備えてなるものとする。

【0011】このような偏心プリズムで接眼光学系の各々を構成しているため、薄型で小型で明るい接眼光学系を構成することが可能になる。

【0012】また、その偏心プリズムの少なくとも第2面が、光軸に対して偏心して配置され、その偏心によって発生する偏心収差を補正すると共に、光束に対して正のパワーを与える、対称面を1面のみ有する回転非対称な曲面形状に形成されているので、高い光学性能を有しながら小型・軽量で高性能の接眼光学系を構成することが可能になる。

【0013】レンズのような屈折光学素子は、その境界面に曲率を付けることにより始めてパワーを持たせることができる。そのため、レンズの境界面で光線が屈折する際に、屈折光学素子の色分散特性による色収差の発生が避けられない。その結果、色収差を補正する目的で別の屈折光学素子が付加されるのが一般的である。

【0014】一方、ミラーやプリズム等のような反射光学素子は、その反射面にパワーを持たせても原理的に色収差の発生はなく、色収差を補正する目的だけのために別の光学素子を付加する必要はない。そのため、反射光学素子を用いた光学系は、屈折光学素子を用いた光学系に比べて、色収差補正の観点から光学素子の構成枚数の削減が可能である。

【0015】同時に、反射光学素子を用いた反射光学系は、光路を折り畳むことになるために、屈折光学系に比べて光学系自身を小さくすることが可能である。

【0016】また、反射面は屈折面に比して偏心誤差感

度が高いため、組み立て調整に高い精度を要求される。

しかし、反射光学素子の中でも、プリズムはそれぞれの面の相対的な位置関係が固定されているので、プリズム単体として偏心を制御すればよく、必要以上の組み立て精度、調整工数が不要である。

【0017】さらに、プリズムは、屈折面である入射面と射出面、それと反射面を有しており、反射面しかもたないミラーに比べて、収差補正の自由度が大きい。特に、反射面に所望のパワーの大部分を分担させ、屈折面である入射面と射出面のパワーを小さくすることで、ミラーに比べて収差補正の自由度を大きく保ったまま、レンズ等のような屈折光学素子に比べて、色収差の発生を非常に小さくすることが可能である。また、プリズム内部は空気よりも屈折率の高い透明体で満たされているために、空気に比べ光路長を長くとることができ、空気中に配置されるレンズやミラー等よりは、光学系の薄型化、小型化が可能である。

【0018】また、接眼光学系は、中心性能はもちろんのこと周辺まで良好な結像性能を要求される。一般の共軸光学系の場合、軸外光線の光線高の符号は絞りの前後で反転するため、光学素子の絞りに対する対称性が崩れることにより軸外収差は悪化する。そのため、絞りを挟んで屈折面を配置することで絞りに対する対称性を十分満足させ、軸外収差の補正を行っているのが一般的である。

【0019】本発明では、上記のように、少なくとも第2面を、光軸に対して偏心して配置され、その偏心によって発生する偏心収差を補正すると共に、光束に対して正のパワーを与える、対称面を1面のみ有する回転非対称な曲面形状に形成することにより、中心ばかりでなく軸外収差も良好に補正することを可能にしている。

【0020】このような本発明の基本構成をとることにより、屈折光学系あるいは回転対称な反射光学系を用いた光学系に比べて光学素子の構成枚数が少なく、中心から周辺まで性能の良好な、小型で明るい接眼光学系を得ることが可能である。

【0021】ここで、逆光線追跡で、瞳中心を通過して画像表示素子の表示面の中心に到達する光線を軸上主光線としたとき、本発明の偏心プリズムの少なくとも1つの反射面が軸上主光線に対して偏心していないと、軸上主光線の入射光線と反射光線が同一の光路をとることとなり、軸上主光線が光学系中で遮断されてしまう。その結果、中心部が遮光された光束のみで像を形成することになり、中心が暗くなったり、中心では全く像を結ばなくなったりしてしまう。

【0022】また、パワーを付けた反射面を軸上主光線に対し偏心させることも当然可能である。

【0023】また、パワーを付けた反射面を軸上主光線

に対して偏心させた場合、偏心プリズムを構成する面のうち、少なくとも1つの反射面、特に、第2面の反射面は回転非対称な面であることが望ましい。

【0024】その理由を以下に詳述する。まず、用いる座標系、回転非対称な面について説明する。軸上主光線が、光学系の第1面に交差するまでの直線によって定義される光軸をZ軸とし、そのZ軸と直交し、かつ、接眼光学系を構成する各面の偏心面内の軸をY軸と定義し、前記光軸と直交し、かつ、前記Y軸と直交する軸をX軸とする。なお、光線の追跡方向は、上記のように瞳から反射型画像表示素子に向かう逆光線追跡で説明する。

【0025】一般に、球面レンズでのみ構成された球面レンズ系では、球面により発生する球面収差と、コマ収差、像面湾曲等の収差をいくつかの面でお互いに補正しあい、全体として収差を少なくする構成になっている。

【0026】一方、少ない面数で収差を良好に補正するためには、回転対称非球面等が用いられる。これは、球面で発生する各種収差自体を少なくするためである。

【0027】しかし、偏心した光学系においては、偏心により発生する回転非対称な収差を回転対称光学系で補正することは不可能である。この偏心により発生する回転非対称な収差は、歪曲収差、像面湾曲、さらに、軸上でも発生する非点収差、コマ収差がある。

【0028】まず、回転非対称な像面湾曲について説明する。例えば、無限遠の物点から偏心した凹面鏡に入射した光線は、凹面鏡に当たって反射結像されるが、光線が凹面鏡に当たって以降、像面までの後側焦点距離は、像界側が空気の場合、光線が当たった部分の曲率半径の半分になる。すると、図8に示すように、軸上主光線に対して傾いた像面を形成する。このように、回転非対称な像面湾曲を補正するには回転対称な光学系では不可能である。

【0029】この傾いた像面湾曲をその発生源である凹面鏡M自身で補正するには、凹面鏡Mを回転非対称な面で構成し、この例ではY軸正の方向に対して曲率を強く

(屈折力を強く)し、Y軸負の方向に対して曲率を弱く(屈折力を弱く)すれば、補正することができる。また、上記構成と同様な効果を持つ回転非対称な面を、凹面鏡Mとは別に光学系中に配置することにより、少ない構成枚数でフラットの像面を得ることが可能となる。

【0030】また、回転非対称な面は、その面内及び面外共に回転対称軸を有しない回転非対称面形状の面とすることが、自由度が増え収差補正上は好ましい。

【0031】次に、回転非対称な非点収差について説明する。上記説明と同様に、偏心して配置された凹面鏡Mでは、軸上光線に対しても図9に示すような非点収差が発生する。この非点収差を補正するためには、上記説明と同様に、回転非対称面のX軸方向の曲率とY軸方向の曲率を適切に変えることによって可能となる。

【0032】さらに、回転非対称なコマ収差について説明する。上記説明と同様に、偏心して配置された凹面鏡Mでは、軸上光線に対しても図10に示すようなコマ収差が発生する。このコマ収差を補正するためには、回転非対称面のX軸の原点から離れるに従って面の傾きを変えると共に、Y軸の正負によって面の傾きを適切に変えることによって可能となる。

【0033】また、本発明の接眼光学系では、前述の反射作用を有する少なくとも1つの面が軸上主光線に対し偏心し、回転非対称な面形状でパワーを有する構成も可能である。このような構成をとれば、その反射面にパワーを持たせることで発生する偏心収差をその面自体で補正することが可能となり、プリズムの屈折面のパワーを緩めることで、色収差の発生自体を小さくすることができる。

【0034】また、本発明で用いる上記の回転非対称面は、対称面を1面のみ有する面对称自由曲面であることが好ましい。ここで、本発明で使用する自由曲面とは、以下の式(a)で定義されるものである。なお、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0035】

$$Z = \frac{c r^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k) c^2 r^2}} + \sum_{i=1}^n C_i X^i Y^i \quad \dots (a)$$

ここで、(a)式の第1項は球面項、第2項は自由曲面項である。

【0036】球面項中、
c: 頂点の曲率

k: コーニック定数(円錐定数)

$r = \sqrt{X^2 + Y^2}$

である。

【0037】自由曲面項は、

66

$$\sum_{i=1}^n C_i X^i Y^i$$

1-3

$$\begin{aligned} &= C_2 X + C_3 Y \\ &+ C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2 \\ &+ C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 XY^2 + C_{10} Y^3 \\ &+ C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} XY^3 + C_{15} Y^4 \\ &+ C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} XY^4 \\ &\quad + C_{21} Y^5 \\ &+ C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3 + C_{26} X^2 Y^4 \\ &\quad + C_{27} XY^5 + C_{28} Y^6 \\ &+ C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3 + C_{33} X^3 Y^4 \\ &\quad + C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} XY^6 + C_{36} Y^7 \\ &\quad \dots \end{aligned}$$

ただし、 C_j (j は2以上の整数)は係数である。

【0038】上記自由曲面は、一般的には、 $X-Z$ 面、 $Y-Z$ 面共に対称面を持つことはないが、本発明では X の奇数次項を全て0にすることによって、 $Y-Z$ 面と平行な対称面が1つだけ存在する自由曲面となる。例えば、上記定義式(a)においては、 C_2 、 C_5 、 C_7 、 C_9 、 C_{12} 、 C_{14} 、 C_{16} 、 C_{18} 、 C_{20} 、 C_{23} 、 C_{25} 、 C_{27} 、 C_{29} 、 C_{31} 、 C_{33} 、 C_{35} ・・・の各項の係数を0にすることによって可能である。

【0039】また、 Y の奇数次項を全て0にすることによって、 $X-Z$ 面と平行な対称面が1つだけ存在する自由曲面となる。例えば、上記定義式においては、 C_3 、 C_6 、 C_8 、 C_{10} 、 C_{12} 、 C_{14} 、 C_{17} 、 C_{19} 、 C_{21} 、 C_{23} 、 C_{26} 、 C_{27} 、 C_{30} 、 C_{32} 、 C_{34} 、 C_{36} ・・・の各項の係数を0にすることによって可能である。

【0040】また上記対称面の方向の何れか一方を対称

$$26 < L < 37 \text{ [mm]}$$

の条件を満足することが重要である。

【0043】この条件は、前記のような偏心プリズムを用いた接眼光学系において、左右共通の画像表示素子の位置を人間の平均的な瞳孔間距離の半分近辺に顔面に対して 90° 傾けて設置することで、単板の画像表示素子によりで両眼に画像を拡大表示できるようにするための

$$29 < L < 34 \text{ [mm]}$$

を満足することが望ましい。この条件式の上限值及び下限値の意味は上記の場合と同様である。

【0045】次に、座標の取り方を、観察者の瞳位置を原点とし、観察者視軸を原点から接眼光学系に向かう方向を正とする Z 軸、観察者視軸に直交し、観察者眼球から見て左右方向の右から左を正とする Y 軸、上下方向の

$$0.5 < |P_{x2}/P_x| < 2.5$$

$$0.5 < |P_{y2}/P_y| < 2.5$$

を満足することが望ましい。

【0046】この条件は、全接眼光学系パワー中における第2面のパワー配置を規定するものであり、それぞれの下限の0.5を越えると、第2面の凹面鏡のパワーが

面とし、それに対応する方向の偏心、例えば、 $Y-Z$ 面と平行な対称面に対して光学系の偏心方向は Y 軸方向に、 $X-Z$ 面と平行な対称面に対しては光学系の偏心方向は X 軸方向にすることで、偏心により発生する回転非対称な収差を効果的に補正しながら同時に製作性をも向上させることが可能となる。

【0041】また、上記定義式(a)は、前述のように1つの例として示したものであり、本発明は、対称面を1面のみ有する回転非対称面を用いることで偏心により発生する回転非対称な収差を補正し、同時に製作性も向上させるということが特徴であり、他のいかなる定義式に対しても同じ効果が得られることは言うまでもない。

【0042】そして、本発明においては、 L を偏心プリズムの第1面に入射する軸上主光線と画像表示素子の表示面と軸上主光線の交点との間の距離とするとき、

$$\dots (1)$$

条件である。条件(1)が上限の37mmと下限の26mmを越えて L が大きくなりすぎると、平均的な人間の瞳孔間距離の中心位置から画像表示素子位置がズレすぎ、単板の画像表示素子で両眼に画像を拡大投影することが困難となる。

【0044】さらに好ましくは、

$$\dots (1-1)$$

上から下を正とする X 軸と定義し、接眼光学系の X 方向のパワーを P_x 、 Y 方向のパワーを P_y 、観察者眼球前方に配置される偏心プリズムの第2面の凹面鏡の軸上主光線位置における X 方向のパワーを P_{x2} 、 Y 方向のパワーを P_{y2} とするとき、

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

小さくなりすぎ、接眼光学系の光路長が伸びすぎため、画像表示素子を平均的な人間の瞳孔間距離の半分近辺に位置させることが困難となる。それぞれの上限の2.5を越えると、その凹面鏡のパワーが強くなりす

ぎ、接眼光学系の光路長が短くなりすぎるため、画像表示素子を平均的な人間の瞳孔間距離の半分近辺に位置さ

$$1. 0 < |P_x 2 / P_x| < 2. 0$$

$$1. 0 < |P_y 2 / P_y| < 2. 5$$

を満足することが望ましい。これらの条件式の上限值及び下限値の意味は上記の場合と同様である。

$$1. 3 < |P_x 2 / P_x| < 1. 5$$

$$1. 4 < |P_y 2 / P_y| < 1. 9$$

を満足することが望ましい。これらの条件式の上限值及び下限値の意味は上記の場合と同様である。

【0049】後記の実施例から明かなように、本発明においては、各接眼光学系として、前記のような形状の偏心プリズムのみから構成することもできるし、偏心プ

$$20 < \theta < 36 [^\circ]$$

を満足することが望ましい。

【0050】この条件式は、接眼光学系が前記のような形状の偏心プリズム単体の場合に画像表示素子の傾きを顔面に対して90°に保つための条件である。この条件式の下限值20°を越えて小さくなると、画像表示素子

$$25 < \theta < 31 [^\circ]$$

を満足することが望ましい。この条件式の上限值及び下限値の意味は上記の場合と同様である。

$$27 < \theta < 29 [^\circ]$$

を満足することが望ましい。この条件式の上限值及び下限値の意味は上記の場合と同様である。

【0053】なお、前記のような形状の偏心プリズムの第1面としては、第2面と同様に、対称面を1面のみ有する回転非対称な曲面形状に形成して偏心収差補正の一部を担うように構成してもよいが、球面あるいは非球面のような回転対称面から形成してもよい。特に、偏心プリズムの第1面を回転対称面とすると、偏心プリズムの成形、組立時にこの面を基準面として用いることができ、製造、組立が容易になる。

【0054】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の画像表示装置の実施例1から3について、図面を参照して説明する。

【0055】各実施例の構成パラメータは後記するが、以下の説明において、面番号は、観察者の瞳位置（光学系の射出瞳位置に一致する。）1から接眼光学系10へ向う逆追跡の面番号として示してある。そして、座標の取り方は、図1に示すように、観察者の瞳位置1を原点とし、観察者視軸（軸上主光線に一致する。）2を原点から接眼光学系10に向かう方向を正とするZ軸、観察者視軸2に直交し、観察者眼球から見て左右方向の右から左を正とするY軸、上下方向の上から下を正とするX軸と定義する。つまり、図1の紙面内をY-Z面とし、紙面と垂直方向の面をX-Z面とする。また、光軸は紙面のY-Z面内で折り曲げられるものとする。

$$Z = (Y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K) Y^2 / R^2\}^{1/2}] + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + \dots$$

せることが同様に困難となる。

【0047】さらに好ましくは、

$$\dots (2-1)$$

$$\dots (3-1)$$

【0048】さらに好ましくは、

$$\dots (2-2)$$

$$\dots (3-2)$$

リズムと画像表示素子の間に1個以上の屈折光学素子を配置するようにしてもよい。偏心プリズムのみから構成する場合には、逆光線追跡で第3面へ軸上光線が入射する入射角を θ と定義すると、

$$\dots (4)$$

の傾きが90°より小さくなりすぎる。逆に、 θ が上限の36°を越えて大きくなると、画像表示素子の傾きが90°より大きくなりすぎる。

【0051】さらに好ましくは、

$$\dots (4-1)$$

【0052】さらに好ましくは、

$$\dots (4-2)$$

【0056】そして、後記する構成パラメータ中において、各面の偏心面については、瞳1の中心について定められた座標系の原点から、その面の面頂位置の偏心量（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向をそれぞれX、Y、Z）と、その面の中心軸（自由曲面については、前記（a）式のZ軸、非球面については、後記（b）式のZ軸）のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれ α 、 β 、 γ （°））とが与えられている。なお、その場合、 α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 γ の正はZ軸の正方向に対して時計回りを意味する。

【0057】実施例1～3では、瞳1の中心について定められた座標系のY-Z平面内で各面の偏心を行っており、また、その各回転非対称自由曲面の唯一の対称面をY-Z面としている。

【0058】また、実施例の光学系を構成する光学作用面の中、特定の面とそれに続く面が共軸光学系を構成する場合には、面間隔が与えられており、その他、媒質の屈折率、アッペ数が慣用法に従って与えられている。

【0059】また、本発明で用いられる自由曲面の面の形状は前記（a）式により定義し、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0060】また、非球面は、以下の定義式で与えられる回転対称非球面である。

【0061】

... (b)

ただし、Zを光の進行方向を正とした光軸（軸上主光線）とし、Yを光軸と垂直な方向にとる。ここで、Rは近軸曲率半径、Kは円錐定数、A、B、C、D、...はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。この定義式のZ軸が回転対称非球面の軸となる。

【0062】なお、データの記載されていない自由曲面、非球面に関する項は0である。屈折率については、d線（波長587.56nm）に対するものを表記してある。長さの単位はmmである。

$$\begin{aligned} x &= R \times \cos(A) \\ y &= R \times \sin(A) \\ Z &= D_2 \\ &+ D_3 R \cos(A) + D_4 R \sin(A) \\ &+ D_5 R^2 \cos(2A) + D_6 (R^2 - 1) + D_7 R^2 \sin(2A) \\ &+ D_8 R^3 \cos(3A) + D_9 (3R^3 - 2R) \cos(A) \\ &\quad + D_{10} (3R^3 - 2R) \sin(A) + D_{11} R^3 \sin(3A) \\ &+ D_{12} R^4 \cos(4A) + D_{13} (4R^4 - 3R^2) \cos(2A) \\ &\quad + D_{14} (6R^4 - 6R^2 + 1) + D_{15} (4R^4 - 3R^2) \sin(2A) \\ &\quad + D_{16} R^4 \sin(4A) \\ &+ D_{17} R^5 \cos(5A) + D_{18} (5R^5 - 4R^3) \cos(3A) \\ &\quad + D_{19} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \cos(A) \\ &\quad + D_{20} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \sin(A) \\ &\quad + D_{21} (5R^5 - 4R^3) \sin(3A) + D_{22} R^5 \sin(5A) \\ &+ D_{23} R^6 \cos(6A) + D_{24} (6R^6 - 5R^4) \cos(4A) \\ &\quad + D_{25} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \cos(2A) \\ &\quad + D_{26} (20R^6 - 30R^4 + 12R^2 - 1) \\ &\quad + D_{27} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \sin(2A) \\ &\quad + D_{28} (6R^6 - 5R^4) \sin(4A) + D_{29} R^6 \sin(6A) \dots \dots \dots \end{aligned}$$

... (c)

なお、X軸方向に対称な光学系として設計するには、 $D_4, D_5, D_6, D_{10}, D_{11}, D_{12}, D_{13}, D_{14}, D_{20}, D_{21}, D_{22}$...を利用する。

【0065】その他の面の例として、次の定義式(d)があげられる。

$$\begin{aligned} Z &= C_2 \\ &+ C_3 Y + C_4 |X| \\ &+ C_5 Y^2 + C_6 Y |X| + C_7 X^2 \\ &+ C_8 Y^3 + C_9 Y^2 |X| + C_{10} Y X^2 + C_{11} |X^3| \\ &+ C_{12} Y^4 + C_{13} Y^3 |X| + C_{14} Y^2 X^2 + C_{15} Y |X^3| + C_{16} X^4 \\ &+ C_{17} Y^5 + C_{18} Y^4 |X| + C_{19} Y^3 X^2 + C_{20} Y^2 |X^3| \\ &\quad + C_{21} Y X^4 + C_{22} |X^5| \\ &+ C_{23} Y^6 + C_{24} Y^5 |X| + C_{25} Y^4 X^2 + C_{26} Y^3 |X^3| \\ &\quad + C_{27} Y^2 X^4 + C_{28} Y |X^5| + C_{29} X^6 \\ &+ C_{30} Y^7 + C_{31} Y^6 |X| + C_{32} Y^5 X^2 + C_{33} Y^4 |X^3| \\ &\quad + C_{34} Y^3 X^4 + C_{35} Y^2 |X^5| + C_{36} Y X^6 + C_{37} |X^7| \dots \dots \dots \end{aligned}$$

... (d)

なお、本発明の実施例では、前記(a)式を用いた自由曲面で面形状が表現されているが、上記(c)式、(d)式を用いても同様の作用効果を得られるのは言う

【0063】また、自由曲面の他の定義式として、以下の(c)式で与えられるZernike多項式がある。この面の形状は以下の式により定義する。その定義式のZ軸がZernike多項式の軸となる。回転非対称面の定義は、X-Y面に対するZの軸の高さの極座標で定義され、AはX-Y面内のZ軸からの距離、RはZ軸回りの方位角で、Z軸から測った回転角で表せられる。

【0064】

$$【0066】 Z = \sum \sum C_{nn} X^m Y^n$$

例として、 $k=7$ （7次項）を考えると、展開したとき、以下の式で表せる。

【0067】

までもない。

【0068】本発明の実施例1の右眼用の接眼光学系の光軸を含むY-Z断面図を図1に示す。この実施例の接

眼光学系10は、瞳径 $\phi 4\text{mm}$ 、水平画角 18° 、焦点距離 22.8mm であり、画像表示素子7として 0.44 インチサイズのLCD（液晶表示素子）を用いる。

【0069】接眼光学系10は、射出瞳1側から順に、第1面3、第2面4、第3面5からなる偏心プリズム6からなり、その第3面5に面して画像表示素子7が配置されている。射出瞳1を出た逆光線追跡の光は、第1面3から屈折してプリズム6内に入射し、第2面4で反射され、第1面3で反射し、第3面5で屈折してプリズム6外に出て画像表示素子7に達する。実際の光線は、上記と逆の順で進み、偏心プリズム6の第1面3から出た光線は、画像表示素子7の表示像を遠方に結像し、射出瞳1の位置の観察者眼球内に表示像の拡大像を投影する。この例の場合、第1面3は回転対称非球面、第2面4は面対称自由曲面、第3面5は面対称自由曲面からなる。

【0070】このような接眼光学系10を一对用いて左右両眼で観察可能な画像表示装置として構成するには、図4に示すように、上記のような接眼光学系10を一对 10_R 、 10_L 用意し、画像表示素子7を左右両眼 E_L 、 E_R の中心面に共通に配置し、その画像表示素子7に交互に左右の表示像を表示し、右用表示像は右側の接眼光学系 10_R を経て右眼 E_R へ、左用表示像は左側の接眼光学系 10_L を経て左眼 E_L へ導くように構成すればよい。なお、単一の液晶表示素子を画像表示素子7とする場合には、液晶表示素子の左右前方にその液晶表示素子へ照明光を導く照明光導光用の導光板（例えば、特開平10-268306号に提案されている。）を配置し、右側の導光板で照明した場合は、左用表示像を表示し、左側の導光板で照明した場合は、右用表示像を表示するようにする。

【0071】本発明の実施例2の右眼用の接眼光学系の光軸を含むY-Z断面図を図2に示す。この実施例の接眼光学系10は、瞳径 $\phi 4\text{mm}$ 、水平画角 22° 、焦点距離 22.0mm であり、画像表示素子7として 0.47 インチサイズのLCD（液晶表示素子）を用いる。

【0072】接眼光学系10は、射出瞳1側から順に、第1面3、第2面4、第3面5からなる偏心プリズム6と画像表示素子7側に凹面を向けたメニスカス状のレンズ8とからなり、レンズ8の凹面に面して画像表示素子7が配置されている。射出瞳1を出た逆光線追跡の光

は、第1面3から屈折してプリズム6内に入射し、第2面4で反射され、第1面3で反射し、第3面5で屈折してプリズム6外に出て、レンズ8を経て画像表示素子7に達する。実際の光線は、上記と逆の順で進み、偏心プリズム6の第1面3から出た光線は、画像表示素子7の表示像を遠方に結像し、射出瞳1の位置の観察者眼球内に表示像の拡大像を投影する。この例の場合、第1面3は回転対称非球面、第2面4は面対称自由曲面、第3面5は面対称自由曲面、レンズ8の両面も面対称自由曲面からなる。

【0073】なお、実施例1と同様にして左右両眼で観察可能な画像表示装置として構成することができる。

【0074】本発明の実施例3の右眼用の接眼光学系の光軸を含むY-Z断面図を図3に示す。この実施例の接眼光学系10は、瞳径 $\phi 4\text{mm}$ 、水平画角 22° 、焦点距離 21.5mm であり、画像表示素子7として 0.47 インチサイズのLCD（液晶表示素子）を用いる。

【0075】接眼光学系10は、射出瞳1側から順に、第1面3、第2面4、第3面5からなる偏心プリズム6と両凹レンズ9と画像表示素子7側に凹面を向けたメニスカス状のレンズ8とからなり、レンズ8の凹面に面して画像表示素子7が配置されている。射出瞳1を出た逆光線追跡の光は、第1面3から屈折してプリズム6内に入射し、第2面4で反射され、第1面3で反射し、第3面5で屈折してプリズム6外に出て、レンズ9、レンズ8を順に経て画像表示素子7に達する。実際の光線は、上記と逆の順で進み、偏心プリズム6の第1面3から出た光線は、画像表示素子7の表示像を遠方に結像し、射出瞳1の位置の観察者眼球内に表示像の拡大像を投影する。この例の場合、第1面3は回転対称非球面、第2面4は面対称自由曲面、第3面5は面対称自由曲面、レンズ9の両面は球面、レンズ8の両面は面対称自由曲面からなる。

【0076】なお、この例も実施例1と同様にして左右両眼で観察可能な画像表示装置として構成することができる。

【0077】以下に上記各実施例の構成パラメータを示す。以下の表中の“FFS”は自由曲面、“ASS”は非球面をそれぞれ示す。

【0078】

(実施例1)

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	-1000.00			
1	∞ (絞り面)				
2	ASS①		偏心(1)	1.5254	56.2
3	FFS①		偏心(2)	1.5254	56.2
4	ASS①		偏心(1)	1.5254	56.2
5	FFS②		偏心(3)		
6	∞		偏心(4)		

像面 ∞
ASS①

R -117.91
K 2.9912×10^{-1}
A 1.5808×10^{-6}
B 1.6144×10^{-9}

FFS①

C_4 -9.1543×10^{-3} C_6 -1.0194×10^{-2} C_8 -1.2573×10^{-5}
 C_{10} 6.8442×10^{-5} C_{11} -2.5902×10^{-6} C_{13} -6.0058×10^{-6}
 C_{15} -5.4849×10^{-6}

FFS②

C_4 6.8201×10^{-3} C_6 -1.7641×10^{-2} C_8 3.3347×10^{-4}
 C_{10} 1.2268×10^{-3} C_{11} 7.6256×10^{-4} C_{13} -8.1143×10^{-5}
 C_{15} -7.9230×10^{-5}

偏心(1)

X 0.00 Y -1.93 Z 30.51
 α 14.30 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y -0.50 Z 35.29
 α -17.01 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y 29.78 Z 36.89
 α 98.35 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y 31.50 Z 36.29
 α 90.00 β 0.00 γ 0.00

【0079】

(実施例2)

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	-1000.00			
1	∞ (絞り面)				
2	ASS①		偏心(1)	1.5254	56.2
3	FFS①		偏心(2)	1.5254	56.2
4	ASS①		偏心(1)	1.5254	56.2
5	FFS②		偏心(3)		
6	FFS③		偏心(4)	1.5254	56.2
7	FFS④		偏心(5)		
像面	∞		偏心(6)		

ASS①

R -53.38
K 3.2762
A 8.4189×10^{-6}
B 3.8277×10^{-9}

FFS①

C_4 -1.1230×10^{-2} C_6 -1.1977×10^{-2} C_8 5.4935×10^{-5}
 C_{10} 1.9290×10^{-4} C_{11} 9.1136×10^{-7} C_{13} -9.2557×10^{-7}
 C_{15} -4.5392×10^{-6}

FFS②

C_4 1.6686×10^{-2} C_6 1.1636×10^{-2} C_8 1.2094×10^{-3}
 C_{10} 3.4664×10^{-4} C_{11} -2.8939×10^{-6} C_{13} -1.1520×10^{-5}

$$C_{15} -1.3517 \times 10^{-4}$$

F F S ③

$$C_4 \quad 1.4775 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad 8.8239 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -1.5586 \times 10^{-3}$$

$$C_{10} \quad 8.2955 \times 10^{-3} \quad C_{11} \quad 4.2618 \times 10^{-4} \quad C_{13} \quad 3.1836 \times 10^{-4}$$

$$C_{15} \quad 6.6378 \times 10^{-4}$$

F F S ④

$$C_4 \quad -6.5865 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad 9.4058 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -6.3161 \times 10^{-3}$$

$$C_{10} \quad 5.2651 \times 10^{-3} \quad C_{11} \quad 2.4356 \times 10^{-3} \quad C_{13} \quad -5.9071 \times 10^{-4}$$

$$C_{15} \quad -1.0145 \times 10^{-3}$$

偏心(1)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad -0.89 \quad Z \quad 30.16$$

$$\alpha \quad 9.49 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

偏心(2)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad 0.83 \quad Z \quad 35.38$$

$$\alpha \quad -17.68 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

偏心(3)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad 15.66 \quad Z \quad 29.61$$

$$\alpha \quad 82.06 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

偏心(4)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad 23.34 \quad Z \quad 34.44$$

$$\alpha \quad 81.72 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

偏心(5)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad 28.91 \quad Z \quad 36.66$$

$$\alpha \quad 91.24 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

偏心(6)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad 31.50 \quad Z \quad 37.29$$

$$\alpha \quad 90.00 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

【0080】

(実施例 3)

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	-1000.00			
1	∞ (絞り面)				
2	A S S ①		偏心(1)	1.5254	56.2
3	F F S ①		偏心(2)	1.5254	56.2
4	A S S ①		偏心(1)	1.5254	56.2
5	F F S ②		偏心(3)		
6	-22.65		偏心(4)	1.5842	30.5
7	127.46		偏心(5)		
8	F F S ③		偏心(6)	1.5254	56.2
9	F F S ④		偏心(7)		
像 面	∞		偏心(8)		

A S S ①

$$R \quad -61.56$$

$$K \quad 5.3589$$

$$A \quad 7.5222 \times 10^{-6}$$

$$B \quad 5.9578 \times 10^{-9}$$

F F S ①

$$C_4 \quad -1.0270 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad -1.0972 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad 8.8478 \times 10^{-5}$$

$$C_{10} \quad 1.5903 \times 10^{-4} \quad C_{11} \quad 2.9906 \times 10^{-6} \quad C_{13} \quad 1.6528 \times 10^{-6}$$

$$C_{15} \quad -4.7873 \times 10^{-6}$$

FFS②

C_4	-9.2190×10^{-3}	C_6	4.8568×10^{-3}	C_8	-1.0850×10^{-4}
C_{10}	1.5573×10^{-3}	C_{11}	-9.1232×10^{-5}	C_{13}	-1.7078×10^{-4}
C_{15}	-1.2580×10^{-4}				

FFS③

C_4	2.7332×10^{-2}	C_6	8.4224×10^{-2}	C_8	-1.2457×10^{-3}
C_{10}	5.0067×10^{-3}	C_{11}	2.6265×10^{-4}	C_{13}	4.0915×10^{-4}
C_{15}	4.0615×10^{-4}				

FFS④

C_4	-4.7259×10^{-2}	C_6	5.2168×10^{-2}	C_8	-8.2904×10^{-3}
C_{10}	-2.4440×10^{-3}	C_{11}	2.8236×10^{-3}	C_{13}	1.2453×10^{-3}
C_{15}	-2.9708×10^{-4}				

偏心(1)

X	0.00	Y	-0.75	Z	30.12
α	9.08	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

X	0.00	Y	1.00	Z	35.53
α	-17.98	β	0.00	γ	0.00

偏心(3)

X	0.00	Y	15.72	Z	29.83
α	82.92	β	0.00	γ	0.00

偏心(4)

X	0.00	Y	18.93	Z	33.25
α	65.78	β	0.00	γ	0.00

偏心(5)

X	0.00	Y	20.30	Z	33.86
α	65.78	β	0.00	γ	0.00

偏心(6)

X	0.00	Y	23.03	Z	35.09
α	80.31	β	0.00	γ	0.00

偏心(7)

X	0.00	Y	29.42	Z	37.96
α	89.52	β	0.00	γ	0.00

偏心(8)

X	0.00	Y	31.50	Z	38.38
α	90.00	β	0.00	γ	0.00

【0081】

上記実施例3の横収差をそれぞれ図5に示す。この横収差図において、括弧内に示された数字は（水平画角，垂直画角）を表し、その画角における横収差を示す。

実施例	1	2	3
L	31.5	31.5	31.5
$ P_{x2}/P_x $	1.3	1.5	1.4
$ P_{y2}/P_y $	1.4	1.9	1.7
θ	27.86	10.25	11.08

【0084】図6に本発明の別の実施例の画像表示装置の光路図を示す。この実施例は、左右両眼 E_L 、 E_R の中心面に対して対称な形状の接眼光学系 10_L 、 10_R として、実施例1～3と同様の第1面 3_L 、 3_R 、第2

す。

【0082】

次に、上記実施例1～3の条件(1)～(4)に関する値を示す。

【0083】

面 4_L 、 4_R 、第3面 5_L 、 5_R からなる偏心プリズム 6_L 、 6_R と、その画像表示素子17側に配置されたレンズ形状の照明用光学素子 11_L 、 11_R とからなるもので、左右両眼 E_L 、 E_R の中心面に共通に配置す

る画像表示素子17として透過型のLCDを用いている。なお、この実施例の構成パラメータは省く。

【0085】左右の偏心プリズム 6_L 、 6_R 、照明用光学素子 11_L 、 11_R は同一形状のものであり、破線で示す左眼の光路と点線で示す右眼の光路とは、両眼 E_L 、 E_R の中心面に対して面対称である。照明用光学素子 11_L 、 11_R は、その画像表示素子17側の面 13_L 、 13_R 、偏心プリズム 6_L 、 6_R 側の面は、平面、球面、非球面のような回転対称面あるいは自由曲面のような回転非対称面で形成されており、その透明媒体内に偏心収差を補正することが可能な回転非対称面からなるハーフミラー面 12_L 、 12_R が設けられている。また、照明用光学素子 11_L 、 11_R の1側面 14_L 、 14_R （図の場合は、観察者側の面となっているが、これに限定されない。）も、平面、球面、非球面のような回転対称面あるいは自由曲面のような回転非対称面で形成されている。そして、左の照明用光学素子 11_L のこの側面 14_L の前方には右用の照明光源 15_R が、右の照明用光学素子 11_R のこの側面 14_R の前方には左用の照明光源 15_L が配置されている。

【0086】このような配置であるので、透過型LCD17に右眼用の表示像が表示されている間は、右用の照明光源 15_R が点灯し、光源 15_R からの発散光は左の照明用光学素子 11_L の側面 14_L から照明用光学素子 11_L の透明媒体内に入り、その透過型LCD17側の面 13_L で全反射され、今度はハーフミラー面 12_L で反射されてその透過型LCD17側の面 13_L から照明用光学素子 11_L 外に出て、透過型LCD17を裏面側から均一に照明し、その右眼用表示像の光束は右の照明用光学素子 11_R の透過型LCD17側の面 13_R から照明用光学素子 11_R 内に入射し、ハーフミラー面 12_R を透過し、照明用光学素子 11_R の偏心プリズム 6_R 側の面から出て、右側の偏心プリズム 6_R を経て右眼 E_R へ導かれる。透過型LCD17に左眼用の表示像が表示されている間は、今度は左用の照明光源 15_L が点灯し、光源 15_L からの発散光は右の照明用光学素子 11_R の側面 14_R から照明用光学素子 11_R の透明媒体内に入り、その透過型LCD17側の面 13_R で全反射され、今度はハーフミラー面 12_R で反射されてその透過型LCD17側の面 13_R から照明用光学素子 11_R 外に出て、透過型LCD17を裏面側から均一に照明し、その左眼用表示像の光束は左の照明用光学素子 11_L の透過型LCD17側の面 13_L から照明用光学素子 11_L 内に入射し、ハーフミラー面 12_L を透過し、照明用光学素子 11_L の偏心プリズム 6_L 側の面から出て、右側の偏心プリズム 6_L を経て左眼 E_L へ導かれる。

【0087】以上のような偏心プリズム 6_L 、 6_R と照明用光学素子 11_L 、 11_R の組み合わせにより、接眼光学系 10_L 、 10_R として、中心から周辺まで性能の良好な、小型で明るい接眼光学系を得ることが可能であ

ると共に、左右の照明光学系として、部品点数が少なく小型の構成にありながら、偏心配置による偏心収差を補正して画像表示素子17を均一に明るく照明できる画像表示装置が可能になる。

【0088】以上のような本発明による画像表示装置は、例えば頭部装着型画像表示装置として構成することができる。図7に頭部装着型で両眼装着用の画像表示装置を観察者頭部に装着した状態を示す。この場合は、本発明による画像表示装置を両眼で観察できる頭部装着型画像表示装置のようなポータブル型の画像表示装置102として構成されている。

【0089】すなわち、表示装置本体102には、前記のような接眼光学系10が用いられ、その接眼光学系10が左右一対備えられ、それらに対応して単一の液晶表示素子からなる画像表示素子が配置されている。そして、表示装置本体102には、図7に示すように、左右に連続して図示のような側頭フレーム103が設けられ、表示装置本体102を観察者の眼前に保持できるようになっている。

【0090】また、側頭フレーム103にはスピーカ104が付設されており、画像観察と共に立体音響を聞くことができるようになっている。このようにスピーカ104を有する表示装置本体102には、映像音声伝達コード105を介してポータブルビデオカセット等の再生装置106が接続されているので、観察者はこの再生装置106を図示のようにベルト箇所等の任意の位置に保持して、映像音響を楽しむことができるようになっている。図7の符号107は再生装置106のスイッチ、ボリューム等の調節部である。なお、表示装置本体102の内部に映像処理、音声処理回路等の電子部品を内蔵させてある。

【0091】なお、コード105は先端をジャックにして、既存のビデオデッキ等に取り付け可能としてもよい。さらに、TV電波受信用チューナーに接続してTV鑑賞用としてもよいし、コンピュータに接続してコンピュータグラフィックスの映像や、コンピュータからのメッセージ映像等を受信するようにしてもよい。また、邪魔なコードを排斥するために、アンテナを接続して外部からの信号を電波によって受信するようにしてもよい。

【0092】以上の説明から明らかなように、本発明の画像表示装置は例えば次のように構成することができる。

【0093】〔1〕 観察者の左右の眼に投影する画像を切り換えて表示可能な単一の画像表示素子と、前記画像表示素子により表示された左右の画像を左右の眼に導く一対の接眼光学系とを備えた画像表示装置において、前記接眼光学系の各々が、逆光線追跡で、射出瞳から入射する光線をプリズム内に入射させると共に、第2面で反射された光を反射する第1面と、第1面から入射した光をプリズム内で反射する第2面と、第1面で反射した

光をプリズム外へ射出させる第3面とを有し、少なくとも第2面が、光軸に対して偏心して配置され、その偏心によって発生する偏心収差を補正すると共に、光束に対して正のパワーを与える、対称面を1面のみ有する回転

$$26 < L < 37 \text{ [mm]}$$

の条件を満足することを特徴とする画像表示装置。

【0094】〔2〕 観察者の瞳位置を原点とし、観察者視軸を原点から前記接眼光学系に向かう方向を正とするZ軸、観察者視軸に直交し、観察者眼球から見て左右方向の右から左を正とするY軸、上下方向の上から下を

$$0.5 < |P_{x2}/P_x| < 2.5$$

$$0.5 < |P_{y2}/P_y| < 2.5$$

の条件を満足することを特徴とする上記1記載の画像表示装置。

【0095】〔3〕 前記接眼光学系の各々が、前記偏

$$20 < \theta < 36 \text{ [°]}$$

の条件を満足することを特徴とする上記1又は2記載の画像表示装置。

【0096】〔4〕 前記接眼光学系の各々が、前記偏心プリズムと前記画像表示素子の間に1個以上の屈折光学素子が配置されていることを特徴とする上記1又は2記載の画像表示装置。

【0097】〔5〕 前記偏心プリズムの前記第1面が回転対称面からなることを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の画像表示装置。

【0098】〔6〕 前記屈折光学素子中にハーフミラー面が配置され、前記ハーフミラー面は、前記屈折光学素子の側面から内部に導入されその前記画像表示素子側の面で全反射された照明光を前記画像表示素子に向けて反射し、かつ、前記画像表示素子の表示光を透過するように配置されていることを特徴とする上記4記載の画像表示装置。

【0099】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によると、偏心プリズムを含む接眼光学系と単一の画像表示素子とを用いて小型で明るく高性能の画像表示装置を提供することができる。また、顔面からの突出量も小さい頭部装着型画像表示装置が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の右眼用の接眼光学系の断面図である。

【図2】本発明の実施例2の右眼用の接眼光学系の断面図である。

【図3】本発明の実施例3の右眼用の接眼光学系の断面図である。

【図4】実施例1の接眼光学系を一对用いた左右両眼で観察可能な画像表示装置の光路図である。

【図5】本発明の実施例3の接眼光学系の横収差図である。

【図6】本発明の別の実施例の画像表示装置の光路図で

非対称な曲面形状に形成されてなる偏心プリズムを備えており、Lを前記偏心プリズムの前記第1面に入射する軸上主光線と前記画像表示素子の表示面と軸上主光線の交点との間の距離とすると、

$$\dots (1)$$

正とするX軸と定義し、前記接眼光学系のX方向のパワーを P_x 、Y方向のパワーを P_y 、前記偏心プリズムの前記第2面の軸上主光線位置におけるX方向のパワーを P_{x2} 、Y方向のパワーを P_{y2} とすると、

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

心プリズムのみから構成され、逆光線追跡で、前記第3面へ軸上光線が入射する入射角を θ とすると、

$$\dots (4)$$

ある。

【図7】本発明の画像表示装置を用いた頭部装着型画像表示装置を観察者頭部に装着した状態を示す図である。

【図8】偏心した反射面により発生する像面湾曲を説明するための概念図である。

【図9】偏心した反射面により発生する非点収差を説明するための概念図である。

【図10】偏心した反射面により発生するコマ収差を説明するための概念図である。

【符号の説明】

1…瞳（射出瞳）

2…観察者視軸（軸上主光線）

3、 3_R 、 3_L …第1面

4、 4_R 、 4_L …第2面

5、 5_R 、 5_L …第3面

6、 6_R 、 6_L …偏心プリズム

7…画像表示素子

8、9…レンズ

10、 10_R 、 10_L …接眼光学系

11 $_R$ 、11 $_L$ …照明用光学素子

12 $_R$ 、12 $_L$ …照明用光学素子のハーフミラー面

13 $_R$ 、13 $_L$ …照明用光学素子の画像表示素子側の面

14 $_R$ 、14 $_L$ …照明用光学素子の側面

15 $_R$ 、15 $_L$ …照明光源

17…画像表示素子（透過型LCD）

102…画像表示装置（表示装置本体）

103…側頭フレーム

104…スピーカ

105…映像音声伝達コード

106…再生装置

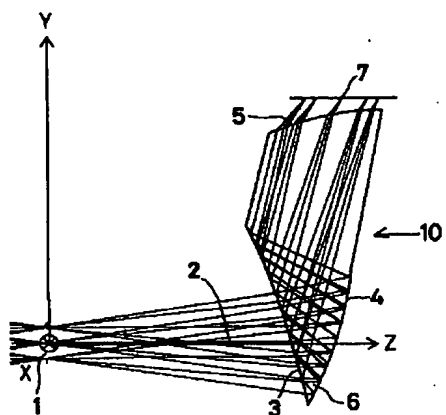
107…調節部

M…凹面鏡

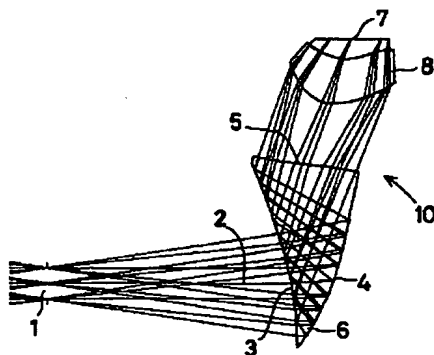
E_R …右眼

E_L …左眼

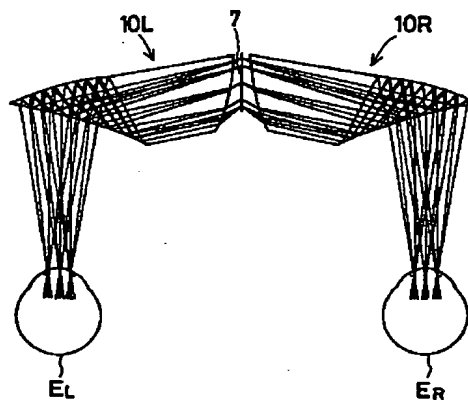
【図1】



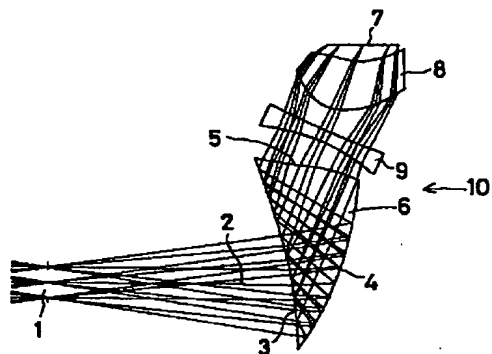
【図2】



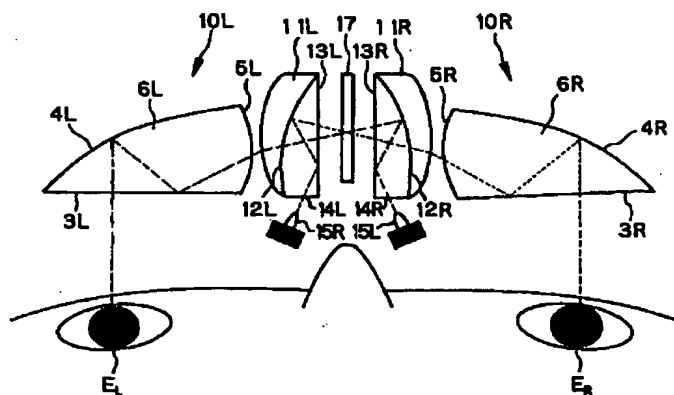
【図4】



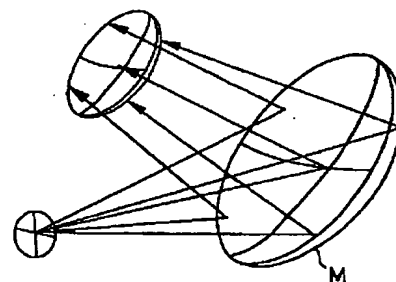
【図3】



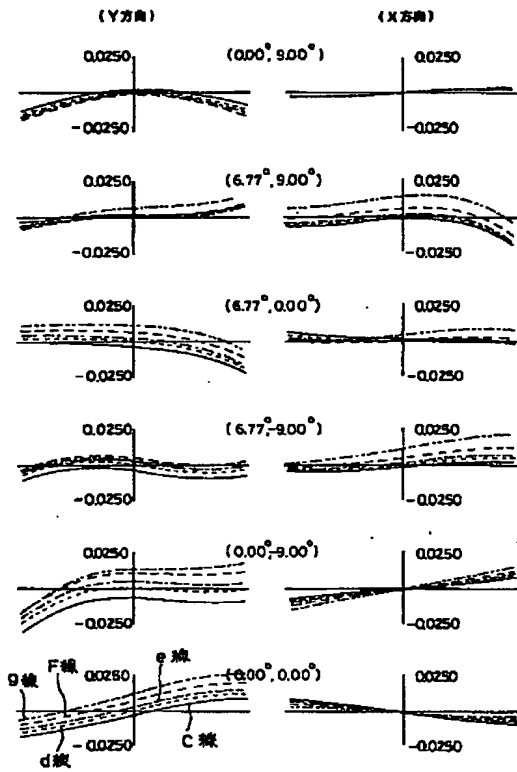
【図6】



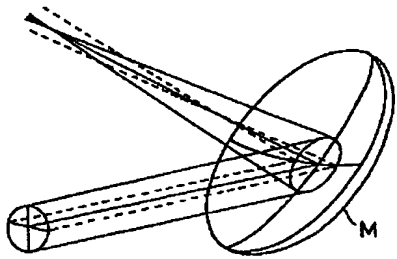
【図8】



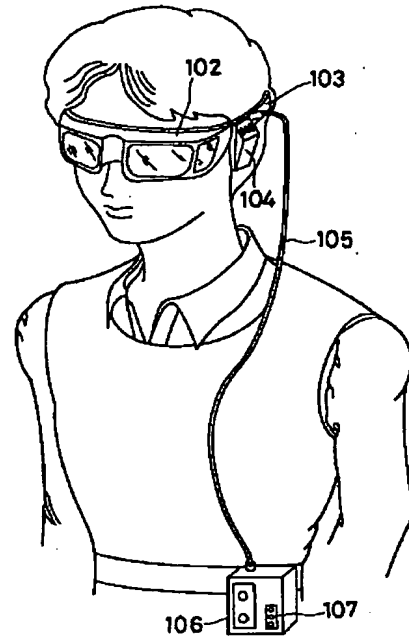
【图5】



【图9】



【图7】



【图10】

